

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2002076823 A

(43) Date of publication of application: 15.03.02

(51) Int. Cl.  
H03H 9/17  
H01L 41/09  
H03H 9/02

(21) Application number: 2000262838

(22) Date of filing: 31.08.00

(71) Applicant: MURATA MFG CO LTD

(72) Inventor:  
SHIBATA AKIHIKO  
TAKEUCHI MASAKI  
TSUKAI NORIMITSU

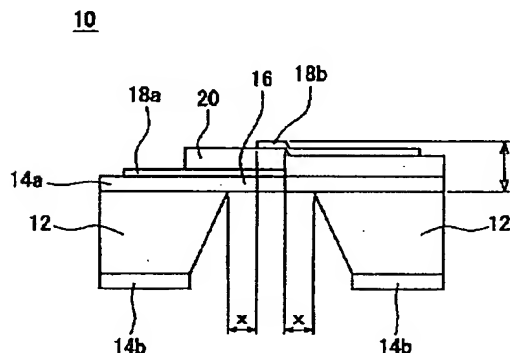
(54) PIEZOELECTRIC RESONATOR AND  
PIEZOELECTRIC FILTER

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a piezoelectric resonator that can satisfy countermeasures for leakage in vibration and spurious vibration and also the yield at the same time.

SOLUTION: The piezoelectric resonator 10 includes a {100} Si substrate 12. A diaphragm section 16 is formed to the center of the {100} Si substrate 12 by a dielectric layer 14a made of SiO<sub>2</sub>. A lower electrode 18a, a piezoelectric layer 20 and an upper electrode 18b are formed on the dielectric layer 14a as a vibration means in a thickness longitudinal oscillation or thickness shear oscillation n-order mode. The opposed parts of the lower electrode 18a and the upper electrode 18b are formed to be a square including a circle with a radius of a multiple of  $20/n$  of a thickness (t) of the opposed parts of the lower electrode 18a and the upper electrode 18b or over. The shortest distance (x) from the end of the opposed parts of the lower electrode 18a and the upper electrode 18b to the end of the {100} Si substrate 12 is  $2t/n \times 210t$ .



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-76823  
(P2002-76823A)

(43) 公開日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
H 0 3 H 9/17		H 0 3 H 9/17	F 5 J 1 0 8
H 0 1 L 41/09		9/02	N
H 0 3 H 9/02		H 0 1 L 41/08	L
			U

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-262838 (P2000-262838)

(22) 出願日 平成12年8月31日 (2000.8.31)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 柴田 明彦

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

(72) 発明者 竹内 雅樹

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

(74) 代理人 100079577

弁理士 岡田 全啓

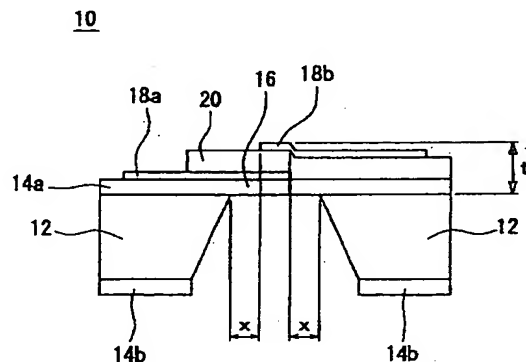
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電共振子および圧電フィルタ

(57) 【要約】

【課題】 振動漏れの対策、不要振動の対策および歩留まりを同時に満足させることができる圧電共振子を提供する。

【解決手段】 圧電共振子10は {100} Si基板12を含む。{100} Si基板12の中央には、SiO<sub>2</sub>からなる誘電体層14aでダイヤフラム部16が形成される。誘電体層14aの上には、厚み縦振動または厚みすべり振動n次モードの振動手段として、下部電極18a、圧電体層20および上部電極18bが形成される。下部電極18aおよび上部電極18bにおいて互いに対向する部分は、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の厚さtの20/n倍以上の半径の円を内包する正方形形状に形成される。下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の端部から {100} Si基板12の端部までの最短距離xは、 $2t/n \leq x \leq 10t$ である。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 ダイアフラム部、

前記ダイアフラム部を周辺から支持するための基板、および前記ダイアフラム部に形成され、少なくとも1対の対向する電極を有する $n$ 次モード（ $n$ は自然数）の厚み縦振動または厚みすべり振動を利用した振動手段を含む圧電共振子において、

前記電極において互いに対向する部分の形状が、前記電極が対向する部分の厚さ $t$ の $20/n$ 倍以上の半径の円またはその円を内包する形状であり、

前記電極が対向する部分の端部から前記基板の端部までの最短距離 $x$ が $2t/n \leq x \leq 10t$ であることを特徴とする、圧電共振子。

【請求項2】 前記振動手段は積層される1種類以上の圧電体層および1種類以上の誘電体層を含み、

前記圧電体層および前記誘電体層のうちの少なくとも1つのものの弾性定数の温度係数は前記圧電体層および前記誘電体層の他のものの弾性定数の温度係数と逆符号である、請求項1に記載の圧電共振子。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の圧電共振子を含む、圧電フィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は圧電共振子および圧電フィルタに関し、特にたとえば厚み縦振動や厚みすべり振動を用いた周波数帯域が500MHz以上の圧電共振子およびそれを用いた圧電フィルタに関する。

## 【0002】

【従来の技術】圧電共振子およびそれを用いた圧電フィルタにおいて、厚み縦振動や厚みすべり振動の弾性波は、電極が対向する部分で伝搬モードとなり、電極が対向しない部分で非伝搬モードとなり、電極が対向する部分に振動エネルギーが集中するエネルギー閉じ込めが行われる。しかし、わずかではあるが電極が対向しない部分にも振動が漏れ出し、支持基板の端部で反射して不要振動の原因となったり、低損失の素子を形成する際に無視できないエネルギー損失となったりしていた。従来、不要振動の対策としては、たとえば“A Piezoelectric Composite Resonator Consisting of a ZnO Film on an Anisotropically Etched Silicon Substrate”, Kiyoshi NAKAMURA, Hiromasa SASAKI, Hiroshi SHIMIZU, Proceeding of 1st Symposium on Ultrasonic Electronics, Tokyo, 1980 Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 20(1981) Supplement 20-3, pp. 111-114 (以下

「文献1」という。)に示されているように、電極が対向する部分と支持基板との間の距離を電極が対向する間隔の1.5倍と大きくし、電極が対向する部分から漏れ出した振動を十分減衰した後で支持基板などに接するようにしていた。これによって、支持基板の端部で反射して電極が対向する部分に戻ってくる振動の影響を小さくして

いた。また、従来、エネルギー損失の対策としては、たとえば特許第02644855号公報（以下「文献2」という。）に示されているように、圧電体膜を上部電極端に合わせて除去し、支持基板への振動の伝搬経路を減少させ、支持基板への振動漏れを防ぐなどの対策を講じていた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、文献1に示されている技術では振動漏れによるエネルギー損失が生じやすく、文献2に示されている技術では不要振動が発生しやすい。また、厚み縦振動や厚みすべり振動の共振周波数は、電極が対向する部分の厚さに反比例する。したがって、高い共振周波数を得るためには、電極が対向する部分を薄くしなければならず、たとえば500MHzを超えるような高い周波数の圧電共振子や圧電フィルタを作製する場合、電極が対向する部分の厚さは数 $\mu$ mとなる。圧電共振子や圧電フィルタを作製するためには、スパッタリング法などによって形成された薄膜が用いられるが、このようにして形成された薄膜は通常高い応力を持っている。そのため、高い共振周波数を得るために電極が対向する部分を薄くしていくと、文献1に示すように、電極が対向する部分と支持基板との間の距離を大きくした場合、薄膜の応力による変形が大きくなり、変形により配線が断線したり、電極が対向する部分が破壊されたりして、歩留まりの悪化を招いていた。また、文献2に示すように、上部電極端に合わせて圧電体層を除去した構造では、電極が対向しない部分の膜厚が減少するため、素子の作製をさらに困難なものとしていた。以上のように、従来、圧電共振子および圧電フィルタにおいて、振動漏れの対策、不要振動の対策および歩留まりを同時に満足させることができていない。

【0004】それゆえに、この発明の主たる目的は、振動漏れの対策、不要振動の対策および歩留まりを同時に満足させることができる圧電共振子を提供することである。この発明の他の目的は、振動漏れの対策、不要振動の対策および歩留まりを同時に満足させることができる圧電共振子を有する圧電フィルタを提供することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる圧電共振子は、ダイアフラム部と、ダイアフラム部を周辺から支持するための基板と、ダイアフラム部に形成され、少なくとも1対の対向する電極を有する $n$ 次モード（ $n$ は自然数）の厚み縦振動または厚みすべり振動を利用した振動手段とを含む圧電共振子において、電極において互いに対向する部分の形状が、電極が対向する部分の厚さ $t$ の $20/n$ 倍以上の半径の円またはその円を内包する形状であり、電極が対向する部分の端部から基板の端部までの最短距離 $x$ が $2t/n \leq x \leq 10t$ であることを特徴とする、圧電共振子である。この発明にかかる圧電

共振子では、振動手段は積層される1種類以上の圧電体層および1種類以上の誘電体層を含み、圧電体層および誘電体層のうちの少なくとも1つのものの弾性定数の温度係数は圧電体層および誘電体層の他のものの弾性定数の温度係数と逆符号であることが好ましい。この発明にかかる圧電フィルタは、この発明にかかる圧電共振子を含む、圧電フィルタである。

【0006】この発明にかかる圧電共振子では、電極において互いに対向する部分の形状が、電極が対向する部分の厚さ $t$ の $20/n$ 倍以上の半径の円またはその円を内包する形状であるので、電極が対向する部分で良好なエネルギー閉じ込めがなされ、電極が対向する部分から電極が対向しない部分への振動漏れが減少し、エネルギー損失が小さくなる。また、このように振動漏れが減少することによって、振動の反射による不要振動が抑制される。また、この発明にかかる圧電共振子では、電極が対向する部分の端部から基板の端部までの最短距離 $x$ が $2t/n$ 以上であるので、電極が対向する部分から漏れ出て基板の端部で反射して電極が対向する部分に戻ってくる振動の影響が小さくなり、反射波に起因する不要振動が無視できるほど小さくなる。さらに、この発明にかかる圧電共振子では、電極が対向する部分の端部から基板の端部までの最短距離 $x$ が $10t$ 以下であるので、ダイアフラム部の応力による変形が小さくなり、ダイアフラム部が破壊されにくくなり、歩留まりもよくなる。この発明にかかる圧電共振子において、振動手段が積層される1種類以上の圧電体層および1種類以上の誘電体層を含み、圧電体層および誘電体層のうちの少なくとも1つのものの弾性定数の温度係数が圧電体層および誘電体層の他のものの弾性定数の温度係数と逆符号であると、圧電体層および誘電体層を適切な膜厚比で組み合わせることによって、共振周波数温度係数TCFを0とすることが可能となり、温度変化に対して安定した共振周波数を得ることができる。また、この発明にかかる圧電フィルタでは、この発明にかかる圧電共振子が奏する作用効果と同様な作用効果を奏する。

【0007】この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の発明の実施の形態の詳細な説明から一層明らかとなろう。

【0008】

【発明の実施の形態】

【実施例1】図1はこの発明にかかる圧電共振子の一例を示す平面図解図であり、図2はその圧電共振子の断面図解図である。この圧電共振子10は、(100) Si基板12を含む。(100) Si基板12は、後述のダイアフラム部16を周辺から支持するためのものである。

【0009】(100) Si基板12の上面および下面には、スパッタリング法や熱酸化法などの方法で、たとえばSiO<sub>2</sub>からなる誘電体層14aおよびSiO<sub>2</sub>膜

14bがそれぞれ形成される。

【0010】(100) Si基板12の中央には、誘電体層14aでダイアフラム部16が形成される。この場合、たとえば、まず、(100) Si基板12の下面のSiO<sub>2</sub>膜14bの中央には、異方性エッチング用の窓がRIE (Reactive Ion Etching) やウエットエッチングなどでパターニングされる。そして、窓がパターニングされた(100) Si基板12などがTMAH (テトラメチルアンモニウムハイドロオキシド)、KOH (水酸化カリウム)、EDP (エチレンジアミンピロカテコール) などのエッチング液に浸漬され、その窓から(100) Si基板12の異方性エッチングが行われ、すなわち、(100) Si基板12の(100) 面と(111) 面とのエッチング速度に差が生じ、(100) 面が(111) 面に比べて速くエッチングされ、特に図2に示すように、(100) Si基板12の中央が傾斜面を持ってエッチングされ、誘電体層14aでダイアフラム部16が形成される。

【0011】誘電体層14aの上には、振動手段として、下部電極18a、圧電体層20および上部電極18bがその順番に形成される。

【0012】この場合、下部電極18aは、誘電体層14aの上面において中央部を含む部分に、たとえばAu、Ag、Alなどの金属で形成される。また、圧電体層20は、誘電体層14aの中央部を含む部分に対応して、誘電体層14aおよび下部電極18aの上面に、たとえばZnO、AlNなどの圧電体で形成される。さらに、上部電極18bは、誘電体層14aの中央部を含む部分に対応して、圧電体層20の上面に、たとえばAu、Ag、Alなどの金属で形成される。

【0013】また、この場合、下部電極18aおよび上部電極18bにおいて互いに対向する部分は、それぞれ、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の厚さ $t$  (図2参照) の $20/n$ 倍以上 ( $n$ は振動モードの次数) の半径の円を内包するたとえば正方形に形成される。

【0014】さらに、この場合、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の端部から(100) Si基板12の端部までの最短距離 $x$  (図2参照) は $2t/n \leq x \leq 10t$  になるように形成される。

【0015】なお、図1および図2には示されていないが、圧電体層20の保護や共振周波数温度係数TCF (Temperature Coefficient of Frequency) の改善などのために、必要に応じて、上部電極18bなどの上にたとえばSiO<sub>2</sub>からなる別の誘電体層が形成されてもよい。この場合、別の誘電体層の材料や膜厚などは、要求される特性に応じて決めればよい。

【0016】この圧電共振子10では、下部電極18aおよび上部電極18bにおいて互いに対向する部分が、

10

20

30

40

下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の厚さ $t$ の $20/n$ 倍以上の半径の円を内包する形状に形成されているので、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分で良好なエネルギー閉じ込めがなされ、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分から下部電極18aおよび上部電極18bが対向しない部分への振動漏れが減少し、エネルギー損失が小さくなる。また、このように振動漏れが減少することによって、振動の反射による不要振動が抑制される。

【0017】また、この圧電共振子10では、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の端部から{100}Si基板12の端部までの最短距離 $x$ が $2t/n$ 以上であるので、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分から漏れ出て{100}Si基板12の端部で反射して下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分に戻ってくる振動の影響が小さくなり、振動の反射による不要振動が無視できるほど小さくなる。

【0018】さらに、この圧電共振子10では、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の端部から{100}Si基板12の端部までの最短距離 $x$ が $10t$ 以下であるので、誘電体層14aのダイアフラム部16の応力による変形が小さくなり、ダイアフラム部16が破壊されにくくなり、歩留まりもよくなる。

【0019】図3はこの発明の条件を満たす場合の上部電極の端部あたりでの振動の状態を有限要素法で解析した結果を示す図解図であり、図4はこの発明の条件を満たさない場合の上部電極の端部あたりでの振動の状態を有限要素法で解析した結果を示す図解図である。図4に示すように、この発明の条件を満たさない場合、下部電極および上部電極が対向しない部分でも変位しており、振動が漏れ出ていることがわかる。それに対して、図3に示すように、この発明の条件を満たす場合、下部電極および上部電極が対向しない部分に漏れ出た振動は速やかに収束され、良好なエネルギー閉じ込めがなされる。このように漏れ出る振動が減少するため、振動の反射が生じにくく、振動の反射による不要振動も抑制される。

【0020】図5はダイアフラム部での振動の変位分布を有限要素法で解析した結果を示すグラフである。図5に示すグラフから明らかなように、下部電極および上部電極が対向しない部分での振動の変位は、下部電極および上部電極が対向する部分から遠ざかるほど小さくなり、約 $2t/n$ 離れたところで最大振幅の10%まで減衰することが分かった。さらに、実験により、下部電極および上部電極が対向する部分の端部から{100}Si基板の端部までの最短距離 $x$ を $2t/n$ 以上に離すことによって、振動の反射による不要振動が無視できるほど小さくなることが分かった。また、この最短距離 $x$ は、大きいほうが不要振動の対策としては好ましいが、 $10t$ より大きくすると素子の歩留まりが急激に悪化す

る。これは、ダイアフラム部が大きくなることで、ダイアフラム部の応力による変形が大きくなり、ダイアフラム部が破壊されやすくなるためである。そのため、下部電極および上部電極が対向する部分の端部から{100}Si基板の端部までの最短距離 $x$ を $2t/n \leq x \leq 10t$ とすることで、{100}Si基板の端部からの反射による不要振動が無視できるほど小さくなり、良好な歩留まりが得られる。

【0021】

【実施例2】実施例2では、実施例1の圧電共振子10と比べて、振動手段がZnOからなる圧電体層20とSiO<sub>2</sub>からなる誘電体層14aとの2層構造で形成される。図6はZnOからなる圧電体層とSiO<sub>2</sub>からなる誘電体層との2層構造の圧電共振子の厚み縦振動の基本波および2倍波について、膜厚比 $t_s/t_p$ （誘電体層(SiO<sub>2</sub>)の膜厚/圧電体層(ZnO)の膜厚）と共振周波数温度係数TCFとの関係を示すグラフである。圧電体層(ZnO)の弾性定数の温度係数は-であるのに対して、誘電体層(SiO<sub>2</sub>)の弾性定数の温度係数は+である。したがって、圧電体層(ZnO)および誘電体層(SiO<sub>2</sub>)を適切な膜厚比 $t_s/t_p$ で組み合わせることによって、共振周波数温度係数TCFを0とすることができる。これにより、温度に対して安定な周波数特性の圧電共振子を作製することができる。

【0022】図7は図1に示す圧電共振子の変形例を示す平面図解図である。図7に示す圧電共振子10では、図1に示す圧電共振子10と比べて、下部電極18aおよび上部電極18bにおいて互いに対向する部分が、それぞれ、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の厚さ $t$ の $20/n$ 倍以上の半径の円を内包するたとえば円形状に形成される。

【0023】図8は図1に示す圧電共振子の他の変形例を示す平面図解図である。図8に示す圧電共振子10では、図1に示す圧電共振子10と比べて、下部電極18aおよび上部電極18bにおいて互いに対向する部分が、それぞれ、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の厚さ $t$ の $20/n$ 倍以上の半径の円を内包するたとえば六角形状に形成される。

【0024】図9は図1に示す圧電共振子のさらに他の変形例を示す平面図解図である。図9に示す圧電共振子10では、図1に示す圧電共振子10と比べて、下部電極18aおよび上部電極18bにおいて互いに対向する部分が、それぞれ、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の厚さ $t$ の $20/n$ 倍以上の半径の円を内包するたとえば八角形状に形成される。

【0025】また、図7～図9に示す各圧電共振子10では、下部電極18aおよび上部電極18bが対向する部分の端部から{100}Si基板12の端部までの最短距離 $x$ が $2t/n \leq x \leq 10t$ になるように形成される。

【0026】したがって、図7～図9に示す圧電共振子10でも、図1に示す圧電共振子10が奏する作用効果と同様の作用効果を奏する。

【0027】なお、上述の各圧電共振子10において、ダイアフラム部16は、{100} Si基板12を異方性エッチングする代わりにRIEによる垂直加工することによって形成されてもよい。

【0028】また、この発明は、圧電共振子だけでなく圧電共振子を含む圧電フィルタにも適用され得る。

【0029】

【発明の効果】この発明によれば、振動漏れの対策、不要振動の対策および歩留まりを同時に満足させることができる圧電共振子が得られる。また、この発明によれば、振動漏れの対策、不要振動の対策および歩留まりを同時に満足させることができる圧電共振子を有する圧電フィルタが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明にかかる圧電共振子の一例を示す平面図解図である。

【図2】図1に示す圧電共振子の断面図解図である。

【図3】この発明の条件を満たす場合の上部電極の端部あたりでの振動の状態を有限要素法で解析した結果を示す図解図である。

【図4】この発明の条件を満たさない場合の上部電極の

端部あたりでの振動の状態を有限要素法で解析した結果を示す図解図である。

【図5】ダイアフラム部での振動の変位分布を有限要素法で解析した結果を示すグラフである。

【図6】ZnOからなる圧電体層とSiO<sub>2</sub>からなる誘電体層との2層構造の圧電共振子の厚み縦振動の基本波および2倍波について、膜厚比 $t_s/t_p$ （誘電体層（SiO<sub>2</sub>）の膜厚/圧電体層（ZnO）の膜厚）と共振周波数温度係数TCFとの関係を示すグラフである。

10 【図7】図1に示す圧電共振子の変形例を示す平面図解図である。

【図8】図1に示す圧電共振子の他の変形例を示す平面図解図である。

【図9】図1に示す圧電共振子のさらに他の変形例を示す平面図解図である。

【符号の説明】

10 圧電共振子

12 {100} Si基板

14a 誘電体層

20 14b SiO<sub>2</sub>膜

16 ダイアフラム部

18a 下部電極

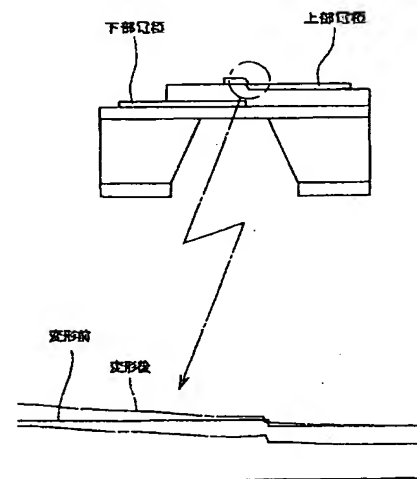
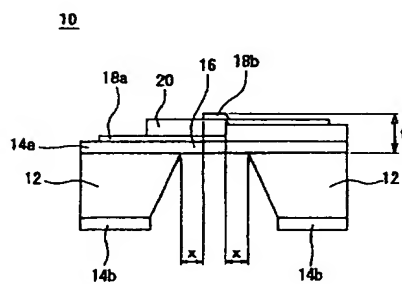
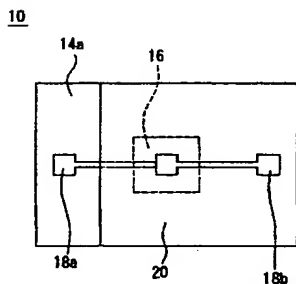
18b 上部電極

20 圧電体層

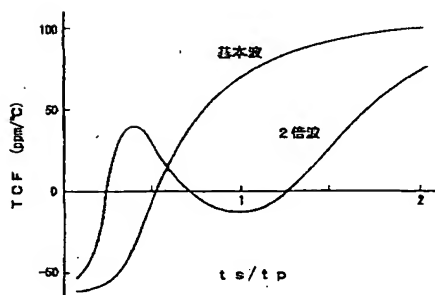
【図1】

【図2】

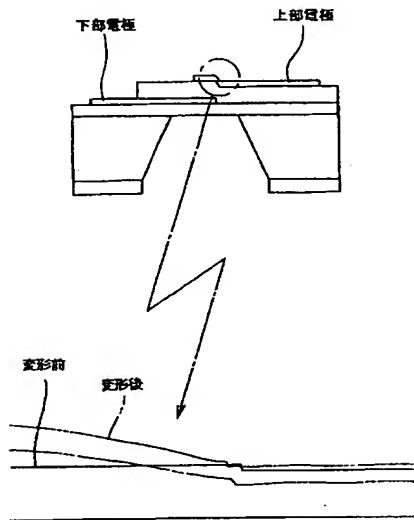
【図3】



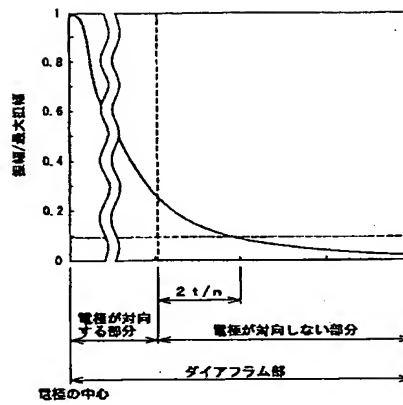
【図6】



【図4】



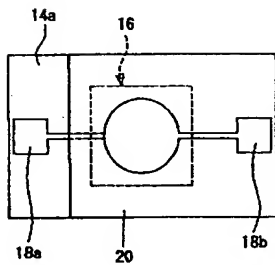
【図5】



【図9】

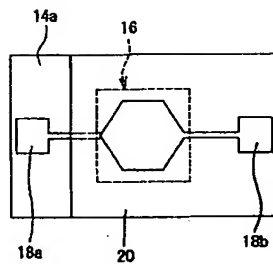
【図7】

10

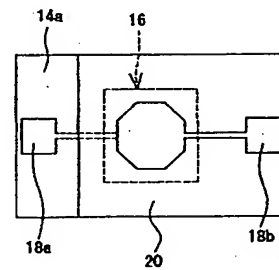


【図8】

10



10



フロントページの続き

(72)発明者 塚井 紀充  
 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
 会社村田製作所内

Fターム(参考) 5J108 AA01 BB07 BB08 CC04 CC11  
 DD01 DD02 DD06 FF02 FF04